

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I		
H 0 2 K 1/27	5 0 1	H 0 2 K 1/27	5 0 1 K	
			5 0 1 A	
			5 0 1 M	
1/22		1/22	A	
21/14		21/14	M	
審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)				

(21) 出願番号 特願平10-44943

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月26日

(71) 出願人 000006105

株式会社明電舎

東京都品川区大崎2丁目1番17号

(72) 発明者 松田 功

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

(72) 発明者 岡本 泰治

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

(72) 発明者 佐藤 寛

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

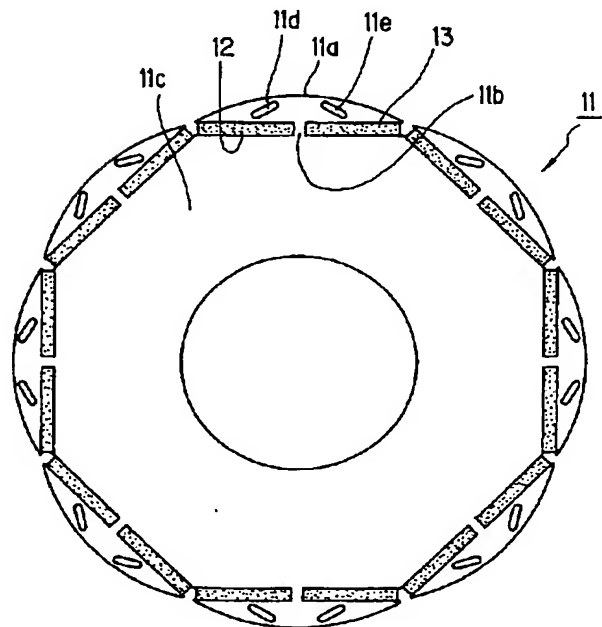
(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 回転電機の回転子

(57) 【要約】

【課題】 大容量化、高速化、高性能化（高応答性、高トルク）及び低コスト化を図り得る回転電機の回転子を提供する。

【解決手段】 磁石埋め込みタイプの永久磁石同期電動機形サーボモータの回転子鉄心11の磁極を構成する頭部11aから円筒部11cに移行する継鉄部11bが頭部11aの中心に位置するように構成するとともに、この継鉄部11bの左右に2個の永久磁石12、13を配設し、さらに頭部11aに対称な2個の長孔部11d、11eを形成したものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 円周方向に所定の間隔を介して配設され、且つ固定子に対して凸形状となるように形成された複数の磁極を有するとともに、各磁極に対応して配設した永久磁石を有する回転電機の回転子において、固定子に対して凸形状となった各磁極の各頭部の周方向の中心点を通る径方向の中心線上に、中央の円板部との間を繋ぐ磁路の一部となる継鉄部を形成するとともに、この継鉄部の周方向における左右両側に永久磁石を配設し、さらに各頭部の径方向の中心線に対して線対称となる位置に空隙部となる複数の長孔部を設けたことを特徴とする回転電機の回転子。

【請求項2】 円周方向に所定の間隔を介して配設され、且つ固定子に対して凸形状となるように形成された複数の磁極を有するとともに、各磁極に対応して配設した永久磁石を有する回転電機の回転子において、固定子に対して凸形状となった各磁極の各頭部と中央の円板部との間を繋ぐ磁路の一部となる複数の継鉄部を形成するとともに、各継鉄部の周方向における左右両側に永久磁石を配設し、さらに各頭部の径方向の中心線に対して線対称となる位置に空隙部となる複数の長孔部を設けたことを特徴とする回転電機の回転子。

【請求項3】 【請求項1】又は【請求項2】に記載する回転電機の回転子において、隣接する磁極の頭部間に永久磁石を固定するための突起部を設けたことを特徴とする回転電機の回転子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は回転電機の回転子に関し、特に磁極を構成する永久磁石を回転子鉄心に埋め込んだ磁石埋め込みタイプの永久磁石同期電動機形サーボモータの回転子として有用なものである。

【0002】

【従来の技術】永久磁石同期電動機形サーボモータには、磁極を構成する永久磁石を回転子鉄心の外周面に張りつけた磁石表面張り付けタイプ（SPM）と、磁極を構成する永久磁石を回転子鉄心に埋め込んだ磁石埋め込みタイプ（IPM）の2種類のタイプのものが提案されている。小容量のサーボモータでは圧倒的に磁石表面張り付けタイプが多いが、高速又は大容量のサーボモータでは磁石埋め込みタイプにせざるを得ない。永久磁石の機械強度限界、接着強度限界、磁石価格等に起因する限界があるためである。ちなみに、サーボモータとしての性能は磁石埋め込みタイプが磁石表面張り付けタイプに比較して劣る。磁石埋め込みタイプは空隙磁束密度減、電機子反作用による磁気飽和、リアクタンスによるトルク電流追従遅れ等という現象を有するからである。

【0003】図17は磁石埋め込みタイプの永久磁石同期電動機形サーボモータの回転子を示す横断面図である。同図は8極の例である。同図に示すように、回転子

鉄心1は珪素鋼板をラミネートするとともに、永久磁石2を挿入できるように打ち抜いて磁石埋込部を形成したものである。磁石埋込部には永久磁石2が埋め込まれる。磁極形状は固定子内径に対し凸形状となっている。珪素鋼板をラミネートして形成した回転子鉄心1には頭部1a、継鉄部1b、円板部1cを有している。

【0004】図18に磁極の詳細を示す。同図に示すように、頭部1aは継鉄部1bによって円板部1cに繋がれ、遠心力を支えている。継鉄部1bは頭部1aの両端に位置し、頭部1aは中心が厚く両端が薄い形状であるため頭部1aの中心部の撓み量が大きくなる。また、この頭部1aの両端部に連続して継鉄部1bがあるため、両端部には遠心力による引っ張り力が作用する。このため頭部1aにはある程度の厚みが必要である。さらに、固定子巻線に電流が流れると頭部1aには横方向の磁束が発生し、空隙磁束分布が乱れるという現象も生じする。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述の如き従来技術に係る磁石表面張り付けタイプの永久磁石同期電動機形サーボモータは次のような問題を有している。

【0006】（1）頭部1aの中心部の撓み量が大きく、これに起因して耐遠心力性能が規制されるため、高速化、大容量化に限界がある。

（2）頭部1aの両端の肉厚が厚くなる結果、内蔵する永久磁石2がその分内側に位置することになり、この結果永久磁石1の幅が小さくならざるを得ない。つまり内蔵できる永久磁石1が小さくなる。

（3）頭部1aの両端の肉厚が厚くなるとその分、隣極間のもれ磁束が大きくなり有効磁束が減少する。

（4）固定子巻き線に電流が流れると頭部1aには横方向の磁束が発生し正弦波状の空隙部磁束分布を乱してしまう。これを防止するために頭部1aの形状の凸形状を鋭くする必要があるが、鋭くすると逆に空隙部の磁束分布を歪めてしまう。このため固定子に流せる電流量には限界があり、発生する横軸磁束のため磁束飽和現象を招くこともある。


（5）固定子電流によって横軸磁束が発生すると、電流が追従遅れを生じサーボとしての応答性が低下する。

【0007】本発明は、上記従来技術に鑑み、大容量化、高速化、高性能化（高応答性、高トルク）及び低コスト化を図り得る回転電機の回転子を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の構成は次の点を特徴とする。

【0009】1） 円周方向に所定の間隔を介して配設され、且つ固定子に対して凸形状となるように形成された複数の磁極を有するとともに、各磁極に対応して配設した永久磁石を有する回転電機の回転子において、固定

子に対して凸形状となった各磁極の各頭部の周方向の中心点を通る径方向の中心線上に、の円板部との間を繋ぐ磁路の一部となる継鉄部を形成するとともに、この継鉄部の周方向における左右両側に永久磁石を配設し、さらに各頭部の径方向の中心線に対して線対称となる位置に空隙部となる複数の長孔部を設けたこと。

【0010】2) 円周方向に所定の間隔を介して配設され、且つ固定子に対して凸形状となるように形成された複数の磁極を有するとともに、各磁極に対応して配設した永久磁石を有する回転電機の回転子において、固定子に対して凸形状となった各磁極の各頭部と中央の円板部との間を繋ぐ磁路の一部となる複数の継鉄部を形成するとともに、各継鉄部の周方向における左右両側に永久磁石を配設し、さらに各頭部の径方向の中心線に対して線対称となる位置に空隙部となる複数の長孔部を設けたこと。

【0011】3) 上記1)又は2)に記載する回転電機の回転子において、隣接する磁極の頭部間に永久磁石を固定するための突起部を設けたこと。

【0012】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。

【0013】図1は本願発明の第1の実施の形態に係る磁石埋め込みタイプの永久磁石同期電動機形サーボモータの回転子を示す横断面図である。本形態に係る回転子も、図17に示す従来技術に係る回転子と同様の8極の例であり、従来技術に係る回転子と異なるのは、①継鉄部が頭部中心に位置すること、②永久磁石を2個にしたこと、③頭部に長孔部を設けたことである。すなわち、本形態に係る回転子の一極分の磁極を抽出した図2に詳細に示すように、磁石埋め込みタイプの永久磁石同期電動機形サーボモータの回転子鉄心11の磁極を構成する頭部11aから円板部11cに移行する継鉄部11bが頭部11aの中心に位置するように構成するとともに、この継鉄部11bの左右に対称に2個の永久磁石12、13を配設し、さらに頭部11aの径方向の中心線に対して左右対称な位置に2個の長孔部11d、11eを形成したものである。ここで継鉄部11bは、従来技術と同様に、発生磁束により磁気飽和させるようになっている。したがって、継鉄部11bの厚さはできるだけ薄い方が望ましい。

【0014】かかる回転子の特性は次の通りである。

【0015】(1) 頭部と強度増加について

図3は従来技術に係る回転子の一極分を抽出して示す拡大図、図4はそのはりモデル、図5は従来技術に係る回転子の一極分を抽出して示す拡大図、図6はそのはりモデルである。これらの図3～図6を用いて従来技術と本形態とを比較する。ここで、頭部1a、11aの中心部の厚さをHとする。遠心力によってH部分には曲げ力が働く。すなわち、図3のa点には引っ張り力、b点には

圧縮力が働く。他方、図5のa点には圧縮力、b点には引っ張り力が働く。頭部1a、11aに働く遠心力を支えるのは継鉄部1b、11bであるので、従来技術と本形態ではそれぞれ支点が異なる。従来技術に係るものは、図4に示すように、頭部1aの両端が支点であり、本形態に係るものは、図6に示すように、頭部11aの中心が支点である。

【0016】ここで、頭部1a、11a及び永久磁石2、12、13の遠心力を支えているのは支点に固定された“はり”としての頭部1a、11aである。この力関係をH部分にかかる力に着目してモデル化したものが図4と図6である。両図では遠心力の代わりに重力が下向きにかかるとして、“はり”にかかる力を示している。図4では、頭部1aの断面の端部が支点となっているので、頭部1aの中心部の肉の厚い部分の重量ははりの端にかかることになる。他方、図6では、支点になっているのは頭部11aの中心の肉の厚い部分であるから“はり”の先端にかかる重量は端部の肉の薄いほうである。したがって、図4に示す場合と、図6に示す場合とではa点、b点にかかる力の大きさは少なくとも2倍の差がある。

【0017】(2) 磁石幅について

図3と図5とを比較すると、図3は頭部1aの両端部が継鉄部1bとなっているため、その端部は継鉄部1bと頭部1aの力を伝えるべく肉厚にする必要がある。図3の寸法tであるが、その分永久磁石2が内側に位置させる必要がある。このため永久磁石2の幅が小さくなる。図7に、従来技術と本形態とにおいて永久磁石2、12、13の幅を比較したものを示す。同図に示すように、両者の差は実効的に(W2-W1)で示される。

【0018】(3) 漏れ磁束について

図18(従来技術)と図2(本実施の形態)とを比較すると、隣接する磁極間に面している頭部1a、11aの端面の面積は従来技術の場合が大きいことが分かる。漏れ磁束はこの端面の面積に比例するので、従来技術の場合の漏れ磁束が大きい。継鉄部1b、11bは磁気飽和するので、この場合の漏れには関係しない。

【0019】(4) 横軸磁束

従来技術に係る回転子を有する永久磁石同期電動機形サーボモータの固定子巻線に電流を流すと、図8に示すように、電流に対して右ねじの方向に磁界が発生する。この磁界は空隙を通過して頭部1a内を横方向に通過し空隙を通過して固定子へ戻る。頭部1aの凸形状は永久磁石2で発生した磁束を空隙部で正弦波分布にするとともに、固定子電流による横磁束を減少させる役目をしているが、これだけでは不十分である。

【0020】図9は頭部11a内に長孔部11d、11eを設けることにより横軸磁束を妨げる磁気抵抗を形成した本実施の形態に係る回転子を有する永久磁石同期電動機形サーボモータである。この場合には、長孔部11

d、11eによって形成された“通路”は電流増加とともに磁気飽和し、磁気抵抗を増加するので横軸磁束増加を収束させる。一方、図10に示すように長孔部11d、11eは磁石発生磁束の磁路としてはこの磁束の流れを妨げることはない。

【0021】図11、12、13に基づきこの場合の長孔部11d、11eの最適位置を説明する。図11は横軸磁界の強さを表した特性図である。ここで、図12に示すように、長孔部11d、11e間のA寸法と、長孔部11d、11eと頭部11aの端部との間の寸法であるB寸法は、図11に示す磁界の強さがそれぞれほぼ等しくなるようにA'とB'の比になるよう設定する。寸法C、Dは図13の空隙磁束分布図に示す磁束量S1+継鉄部飽和磁束量S0と磁束量S2の比によって按分する。

【0022】磁極の構造は図14に示すようなものでも良い。これは頭部21aから円板部21dに移行する部分である継鉄部21b、21cの配置を変更した本発明の第2の実施の形態であるが、継鉄部21b、21cを2箇所形成して永久磁石22、23、24の3個にしたものである。本形態も上記(1)乃至(3)項と同様の作用・効果を奏する。すなわち、一般に継鉄部が磁極の頭部の両端にない場合、複数の継鉄部が適当に配置されれば同等以上の効果が得られる。なお、図示は省略したが、本形態においても、長孔部は前記実施の形態と同様に頭部21aに設けてある。

【0023】磁極の構造は図15に示すようなものでも良い。これは長孔部31d、31e、31f、31gの配置を変更した本発明の第3の実施の形態であるが、第1の実施の形態と同様に頭部31aの径方向の中心線に対して左右対称な位置に4個の長孔部31d、31e、31f、31gを形成したものである。一般に複数の長孔部を適当な位置に配置すれば上記(4)項と同等以上の効果が得られる。この場合も磁石発生磁束の磁路としてはこの磁束の流れを妨げることがないように長孔部の形状及び位置を工夫する。

【0024】磁極の構造は図16に示すようなものでも良い。これは永久磁石12、13の装着部の構造を変更した本発明の第4の実施の形態である。同図に示すように、本形態に係る回転子は、永久磁石12、13の装着を容易にするとともに、強固に固定するために、隣接する磁極41a間の外周部に突起部41cを設けたものである。なお、図中41bは継鉄部である。また、図示は省略したが、本形態においても、長孔部は前記実施の形態と同様に頭部45aに設けてある。

【0025】

【発明の効果】以上実施の形態とともに具体的に説明した通り、本発明によれば次のような効果を得る。

- (1) 空隙磁束密度を高めることができる。
- (2) 磁石の有効利用ができる。

(3) 回転子極頭部の磁束密度が倍増し、大型化(大容量化)、高速化が可能。

(4) 横軸磁束を減少できるのでトルク電流の追従性を向上し応答性の高いサーボ特性を得ることができ、より大きな電機子電流を流して大きなトルクを得ることができる。

【0026】以上により回転電機の回転子の小型化、大容量化、高速化、高性能化(高応答性、高トルク)及び低コスト化を達成し得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の実施の形態に係る磁石埋め込みタイプの永久磁石同期電動機形サーボモータの回転子を示す横断面図である。

【図2】図1に示す回転子の一極分の磁極を抽出して示す拡大図である。

【図3】従来技術に係る回転子の一極分の磁極を抽出して示す拡大図である。

【図4】図3に示す場合の各部に作用する力の態様を示す説明図である。

【図5】上記実施の形態に係る回転子の一極分の磁極を抽出して示す拡大図である。

【図6】図5に示す場合の各部に作用する力の態様を示す説明図である。

【図7】上記実施の形態に係る回転子における永久磁石の幅を従来技術との比較に於いて示す説明図である。

【図8】従来技術における横軸磁束の作用態様を説明するための説明図である。

【図9】上記実施の形態における横軸磁束の作用態様を説明するための説明図である。

【図10】上記実施の形態における磁極頭部における磁束の様子を説明するための説明図である。

【図11】本願発明における長孔部の位置を説明するために用いる特性図である。

【図12】本願発明における長孔部の位置を説明するために用いる磁極の頭部を示す説明図である。

【図13】本願発明における長孔部の位置を説明するために用いる特性図である。

【図14】本発明の第2の実施の形態に係る一極分の磁極を抽出して示す説明図である。

【図15】本発明の第3の実施の形態に係る一極分の磁極を抽出して示す説明図である。

【図16】本発明の第4の実施の形態に係る磁極の一部を抽出して示す説明図である。

【図17】従来技術に係る磁石埋め込みタイプの永久磁石同期電動機形サーボモータの回転子を示す横断面図である。

【図18】図17に示す回転子の磁極部分の詳細を示す拡大図である。

【符号の説明】

11 回転子鉄心

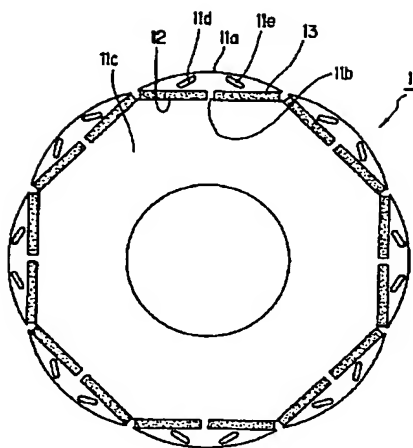
11a、21a、31a、41a 頭部
 11b、21b、21c、31b、41b 縫鉄部
 11c、21d、31c 円板部

11d、11e、31d、31e、31f、31g 長孔部
 12、13、22、23、24 永久磁石
 41c 突起部

【図1】

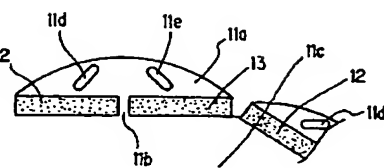
【図2】

【図3】

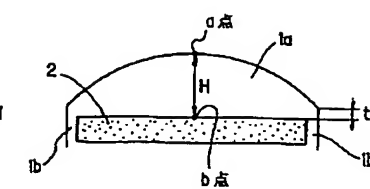


【図4】

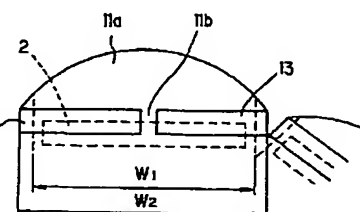
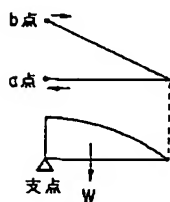
【図5】



【図6】

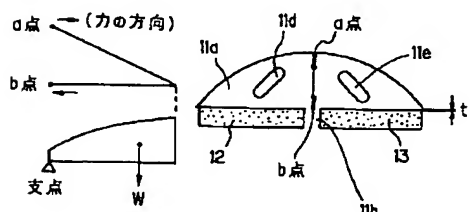


【図7】



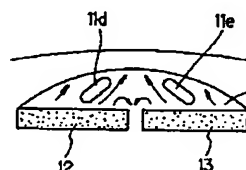
【図10】

【図12】

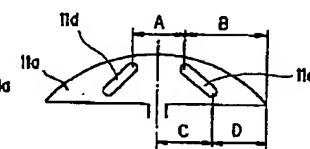


【図8】

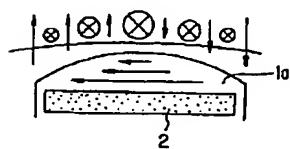
【図9】



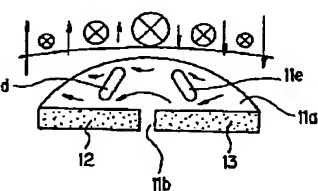
【図11】



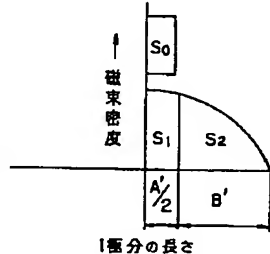
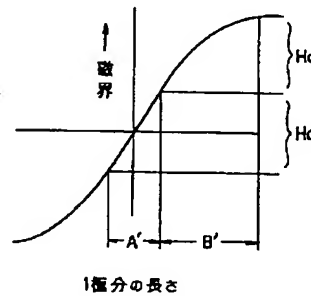
【図13】



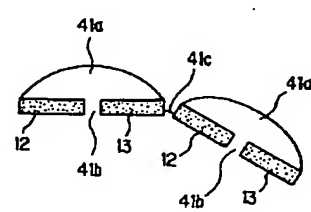
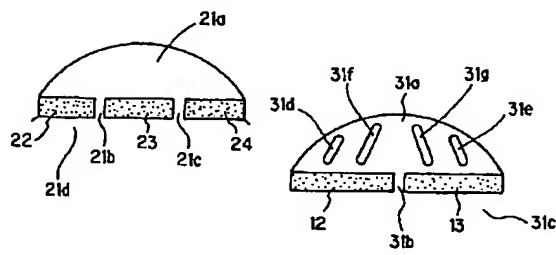
【図14】



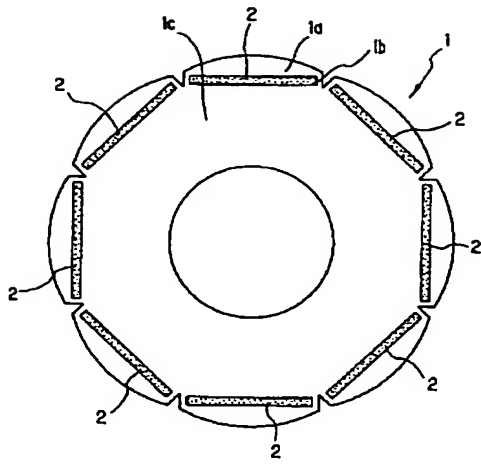
【図15】



【図16】



【図 1】



【図 8】

